

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini terdapat beberapa penyakit endemik di Indonesia. Suatu penyakit dinyatakan menjadi endemik ketika terjadi peningkatan jumlah kasus yang signifikan namun masih stabil dan terbatas pada suatu wilayah tertentu. Salah satu penyakit endemik yang terdapat di Indonesia adalah tuberkulosis (TBC). TBC masih merupakan penyakit penting sebagai penyebab kematian di Indonesia serta tingginya biaya kesehatan.

Dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak pernah tahu darimana penyakit itu datang. Terlebih jika penyakit tersebut disebabkan oleh suatu mikroorganisme seperti bakteri atau virus. Berkaitan dengan hal tersebut, TBC disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang menginfeksi paru-paru. Penyakit ini dapat menyerang siapa saja dari anak-anak hingga dewasa.

Setiap tahun, 10 juta orang mengidap penyakit tuberkulosis (TBC). Meskipun TBC merupakan penyakit yang dapat dicegah dan disembuhkan, setiap tahunnya 1,5 juta orang meninggal karena TBC. TBC juga merupakan kontributor utama resistensi antimikroba dan penyebab utama dari kematian pengidap HIV. Itu sebabnya TBC masih merupakan penyakit penting sebagai penyebab morbiditas dan mortalitas, serta tingginya biaya kesehatan [1]. TBC ada di seluruh dunia, sebagian besar menyerang negara-negara berpenghasilan menengah kebawah. Sekitar setengah dari semua penderita TBC dapat ditemukan di 8 negara: Bangladesh, Cina, India, Indonesia, Nigeria, Pakistan, Filipina, dan Afrika Selatan. Sebagian besar orang yang jatuh sakit TBC tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah, tetapi TBC ada di seluruh dunia. Sekitar setengah dari semua penderita TBC dapat ditemukan di 8 negara: Bangladesh, Cina, India, Indonesia, Nigeria, Pakistan, Filipina, dan Afrika Selatan. Sekitar seperempat dari populasi dunia diperkirakan terinfeksi oleh bakteri TBC. Hanya 5-15% dari orang-orang ini akan jatuh sakit dengan penyakit TBC aktif. Sisanya memiliki infeksi TBC tetapi

tidak sakit dan tidak dapat menularkan penyakit. Infeksi dan penyakit TBC dapat disembuhkan dengan menggunakan antibiotik [18].

Pada Bulan Maret sekitar 1,3 abad yang lalu tepatnya tanggal 2 Maret 1882 merupakan hari saat Robert Koch mengumumkan bahwa dia telah menemukan bakteri penyebab tuberculosis (TBC) yang kemudian membuka jalan menuju diagnosis dan penyembuhan penyakit ini. Meskipun jumlah kematian akibat tuberculosis menurun 22% antara tahun 2000 dan 2015, namun tuberculosis masih menempati peringkat ke-10 penyebab kematian tertinggi di dunia pada tahun 2016 berdasarkan laporan WHO. Oleh sebab itu hingga saat ini TBC masih menjadi prioritas utama di dunia dan menjadi salah satu tujuan dalam SDGs (*Sustainability Development Goals*). Angka prevalensi TBC Indonesia pada tahun 2014 sebesar 297 per 100.000 penduduk. Eliminasi TBC juga menjadi salah satu dari 3 fokus utama pemerintah di bidang kesehatan selain penurunan stunting dan peningkatan cakupan dan mutu imunisasi. Visi yang dibangun terkait penyakit ini yaitu dunia bebas dari tuberculosis, nol kematian, penyakit, dan penderitaan yang disebabkan oleh TBC [3].

Di Indonesia telah diterapkan vaksinasi TBC guna mencegah terjangkit penyakit TBC serta penerapan strategi *Directly Observed Treatment, Short-course* (DOTS) dalam upaya menanggulangi penyebaran penyakit TBC. Strategi DOTS tersebut dapat diartikan pengawasan langsung menelan obat jangka pendek oleh pengawas kesehatan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti tertarik untuk menganalisis lebih lanjut mengenai penyebaran penyakit TBC secara matematis dengan mengkonstruksi batasan-batasan masalah yang ada menjadi sebuah model matematika.

Model matematika yang tepat untuk menggambarkan proses transmisi tuberculosis adalah model SEIR (*Susceptibles, Exposed, Infected, Recovered*), namun pada penelitian ini model tersebut dikembangkan lagi menjadi model SEITR (*Susceptibles, Exposed, Infected, Treatment, Recovered*). Model ini berupa sistem autonomous persamaan diferensial nonlinear yang pada awalnya dikembangkan untuk mengetahui laju penyebaran dan kepunahan suatu wabah penyakit dalam

populasi yang bersifat endemik. Selanjutnya model SEIR dinyatakan sebagai berikut

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \beta S \frac{I}{N} - \mu S$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta S \frac{I}{N} - \sigma E - \mu E$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - \gamma I - \mu I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R$$

Model tersebut menunjukkan pola penyebaran penyakit yang terjadi. Penyakit hanya dapat ditularkan oleh orang yang terinfeksi kepada orang yang rentan. Sedangkan orang yang dalam masa laten tidak dapat menularkan penyakitnya. Namun, dari kondisi laten tersebut sewaktu-waktu bisa berubah menjadi yang terinfeksi jika imunitas tubuhnya dapat dikalahkan oleh bakteri tuberkulosis yang sudah berada dalam tubuh maupun bakteri baru yang masuk ke dalam tubuh. Model di atas masih sangat sederhana karena hanya menjelaskan proses keluar masuknya populasi dari setiap kompartemen tanpa memperhitungkan variabel-variabel lainnya yang mungkin dapat mempengaruhi sistem. Maka dari itu akan dilakukan pengembangan dari model tersebut dimana terdapat penambahan berupa proporsi vaksinasi dan populasi yang sedang melakukan pengobatan (DOTS). Sehingga peneliti tertarik melakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“ANALISIS KESTABILAN MODEL PENYEBARAN TUBERKULOSIS DENGAN VAKSINASI DAN STRATEGI DOTS”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada pembahasan masalah diatas ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana membentuk model matematika penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS?
2. Bagaimana kestabilan dari titik kesetimbangan model penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS?

3. Bagaimana laju vaksinasi dan pengobatan yang diberikan ketika infeksi Tuberkulosis?
4. Bagaimana simulasi dinamik dan interpretasi model penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah tugas akhir ini tidak terlalu meluas, maka terdapat beberapa batasan sebagai berikut

1. Model yang terbentuk terdiri dari lima kompartemen, yaitu Rentan (S), Terpapar/Laten (E), Terinfeksi Tuberkulosis (I), Dalam Treatment (T), dan Recovered (R), dengan total populasi adalah $N(t) = S(t) + E(t) + I(t) + T(t) + R(t)$.
2. Setiap kompartemen bergantung pada waktu (t).
3. Interaksi pada populasi pasti terjadi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah

1. Mengontruksi model matematika penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS.
2. Menentukan kestabilan dari titik kesetimbangan model penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS.
3. Mengetahui laju vaksinasi dan pengobatan yang diberikan ketika infeksi Tuberkulosis.
4. Mengetahui simulasi dinamik dan interpretasi model penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS.

1.5 Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur ini merupakan tahapan mencari referensi yang dibutuhkan dan mendukung tugas akhir dimana berkaitan dengan model mangsa pemangsa, perlindungan, fungsi respon, dan lainnya. Studi literatur ini diperoleh dari buku-buku, jurnal nasional dan internasional.

2. Analisis

Pada tahapan ini, peneliti melakukan analisis kestabilan dimana meliputi mengkontruksi model, dari model dianalisis dengan mencari kestabilan menggunakan titik kesetimbangan, dan eksistensi dari titik kesetimbangan, serta besarnya R_0 .

3. Simulasi

Dilakukan simulasi numerik dengan data yang sesuai syarat-syarat. Data tersebut diperoleh dari hasil analisis sehingga di dapat interpretasi dari hasil simulasi numerik.

4. Kesimpulan

Diperoleh kesimpulan dari model yang telah dianalisis serta hasil dari simulasi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab, masing-masing bab terdiri dari subbab sebagai berikut

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi landasan dalam mendukung kajian studi literatur ini. Hal-hal tersebut meliputi pemodelan matematika, persamaan diferensial, sistem persamaan diferensial, titik kesetimbangan, matriks jacobian, nilai eigen dan vektor eigen, kriteria *routh-hurwitz*, kestabilan, dan bilangan reproduksi dasar.

BAB III ANALISIS KESTABILAN MODEL PENYEBARAN TUBERKULOSIS DENGAN VAKSINASI DAN STRATEGI DOTS

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari masalah yang dikaji meliputi pembentukan model, penentuan titik kesetimbangan, analisis kestabilan, dan simulasi dinamik beserta interpretasinya.

BAB V SIMULASI MODEL PENYEBARAN TUBERKULOSIS DENGAN VAKSINASI DAN STRATEGI DOTS

Pada bab ini akan dipaparkan hasil simulasi model penyebaran tuberkulosis dengan vaksinasi dan strategi DOTS berdasarkan data yang telah didapat dari beberapa sumber.

BAB IV PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari pembahasan hasil penelitian dan saran untuk pengembangan tulisan dan analisis dari masalah yang dikaji dalam studi literatur ini.